

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : 2 763 138

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : 97 05768

(51) Int Cl⁶ : G 02 B 6/25, G 02 B 6/26

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 12.05.97.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 13.11.98 Bulletin 98/46.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : FRANCE TELECOM SOCIETE ANO-
NYME — FR.

(72) Inventeur(s) : FLICSTEIN JEAN et MENIGAUX
LOUIS.

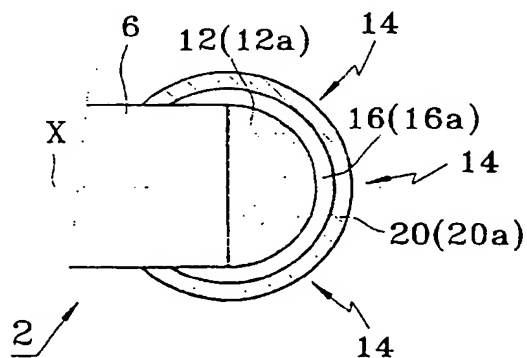
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : SOCIETE DE PROTECTION DES
INVENTIONS.

(54) GUIDE OPTIQUE MUNI EN SON EXTREMITÉ D'UNE LENTILLE SOUPLE ET PROCEDE DE FABRICATION DE
CELLE-CI.

(57) Guide optique muni en son extrémité d'une lentille
souple et procédé de fabrication de celle-ci.

La lentille comprend au moins une couche (12, 16, 20)
faite par exemple d'un milieu sol-gel que l'on a photolysé ou
d'un milieu sol-gel que l'on a pyrolysé ou d'une colle que l'on
a polymérisée et présente un gradient d'indice de réfraction.
Application aux télécommunications optiques.



FR 2 763 138 - A1



GUIDE OPTIQUE MUNI EN SON EXTRÉMITÉ D'UNE LENTILLE
SOUPLE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION DE CELLE-CI

DESCRIPTION

5 DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un guide d'onde optique, plus simplement appelé guide optique, muni en son extrémité d'une lentille souple ainsi qu'un procédé de fabrication de celle-ci.

10 Par guide optique, on entend non seulement un guide passif comme une fibre optique mais aussi un guide actif absorbant (pour la détection de la lumière) ou amplificateur de lumière.

15 L'invention trouve des applications notamment dans les domaines suivants :

- télécommunications optiques
- lecture optique
- capteurs
- médecine (endoscopie).

20 ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Dans le domaine des télécommunications optiques, on connaît déjà des fibres optiques dont les extrémités respectives sont munies de lentilles épaisses et rigides.

Il s'agit de lentilles obtenues par des soudures effectuées à de hautes températures (voisines de 1000°C).

Les procédés de réalisation, par soudure directe, d'une lentille de quelques micromètres d'épaisseur, à l'extrémité d'une fibre optique dont le diamètre vaut par exemple 100 micromètres sont délicats à mettre en oeuvre.

Une telle structure est difficile à réaliser et à reproduire surtout quand le diamètre de la fibre se situe entre 10 et 30 micromètres.

Rappelons que l'intérêt de l'utilisation d'une fibre munie d'une lentille réside dans la diminution très importante des pertes de couplage, par rapport à l'utilisation d'une fibre clivée.

La génération de circuits optiques intégrés à l'échelle micronique, dédiés aux applications spécifiques optoélectroniques, rend les techniques alternatives, classiques et indirectes peu souples et quelquefois inadéquates pour obtenir des structures optiques localisées.

La présente invention est utilisable pour la réalisation de composants optiques tels que les modulateurs et les coupleurs directifs par exemple.

Dans la présente invention, on peut utiliser des fibres monomodes ou multimodes dont l'extrémité est modifiée de façon à y former une lentille.

Un faisceau lumineux se comporte alors en cette extrémité comme à la traversée d'une lentille.

L'intérêt des fibres ainsi munies de lentilles convergentes est d'obtenir, à leur sortie, une très petite taille de mode.

De plus, on maîtrise avantageusement la frontale de telles fibres optiques ainsi que la taille de spot.

Une grande frontale est un atout pour le couplage de ces fibres avec des composants : le risque de choc avec ces composants est diminué.

Pour la réalisation d'une lentille à l'extrémité d'une fibre optique en silice, les techniques connues présentent l'inconvénient de nécessiter une soudure silice sur silice à haute température.

Une telle soudure est délicate à réaliser sur quelques micromètres, ce qui contribue au prix élevé du composant ainsi obtenu.

Par ailleurs, pour réaliser le couplage optique d'une fibre optique et d'un composant optique, par exemple une diode laser, il est nécessaire de munir la diode laser d'un adaptateur de mode ou de prévoir un système de focalisation sur la fibre optique.

Dans la présente invention, on considère un système de focalisation de type lentille souple qui est associé à la fibre optique (ou plus généralement à un guide optique).

Certes, on connaît déjà des lentilles souples à gradient d'indice de réfraction mais il s'agit de lentilles autonomes qui ne sont pas formées à l'extrémité de fibres optiques : ce sont des lentilles souples de contact destinées à remplacer les lunettes.

On connaît aussi un procédé de fabrication d'une lentille souple à l'extrémité d'une fibre optique par le document suivant :

Demande de brevet français n°9506302 du 29 mai 1995 pour « Procédé de fabrication d'une lentille souple à l'extrémité d'une fibre optique », invention de Louis Menigaux.

5

Cependant, le procédé décrit dans ce document ne permet pas de maîtriser les caractéristiques géométriques et optiques de la lentille qui est formée à l'extrémité de la fibre optique et il ne s'agit pas d'une lentille à gradient d'indice.

D'autre part, comme on l'a vu, la formation d'une lentille épaisse à l'extrémité d'une fibre optique par soudure silice sur silice se fait à une haute température (environ 1000°C).

Une telle température permet très difficilement l'intégration d'une lentille à des matériaux thermiquement sensibles tels que les matériaux dont sont faits les coeurs des fibres optiques dopées et les fibres optiques plastiques.

Il est actuellement très difficile de fabriquer une fibre optique qui est munie en son extrémité d'une lentille ayant une taille, des caractéristiques géométriques et des caractéristiques optiques choisies à l'avance et qui est utilisable dans un grand nombre de domaines tels que les télécommunications optiques, la lecture optique, les capteurs et l'endoscopie par exemple.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention concerne un guide optique (par exemple une fibre optique) dont

l'extrémité est munie d'une lentille souple à gradient d'indice.

L'invention concerne aussi un procédé d'obtention de la lentille.

5 Dans l'invention, la frontale et la taille de spot de la fibre munie de sa lentille sont ajustables à des valeurs souhaitées.

On rappelle que, par définition connue de l'homme de l'art, la frontale est la distance entre le
10 sommet de la lentille et la face du composant (un guide ou un laser par exemple) que l'on veut coupler à cette lentille.

On rappelle également que, par définition, connue de l'homme de l'art, la taille de spot, par
15 exemple pour un faisceau lumineux gaussien, est définie par le rayon de celui-ci à $1/e^2$ où e vaut environ 2,718.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, la lentille est constituée d'un empilement
20 de couches minces, semblables à des « pelures d'oignon », sur une couche en forme de calotte sphérique préalablement formée à l'extrémité du guide.

Dans cet empilement, chaque couche enveloppe la couche précédente dans une région
25 délimitée et arbitrairement choisie.

De façon précise, la présente invention a tout d'abord pour objet un guide optique ayant une
extrémité munie d'une lentille souple, caractérisé en ce que cette lentille souple comprend au moins une
30 couche faite d'un matériau optiquement transparent, choisi dans le groupe comprenant les milieux sols-gels photolysés, les milieux sols-gels traités par plasma, les milieux sols-gels pyrolysés et les matériaux

optiques adhésifs durcis, et présente un gradient d'indice de réfraction prédéfini, cette lentille souple ayant des caractéristiques optiques et géométriques prédéfinies.

5 Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la lentille comprend un empilement de couches ayant des indices de réfraction différents.

 Dans ce cas, les indices de réfraction des couches peuvent aller en croissant à partir de
10 l'extrémité du guide optique ou en décroissant à partir de cette extrémité.

 La présente invention concerne aussi un procédé de fabrication d'une lentille souple à l'extrémité d'un guide optique, ce procédé étant
15 caractérisé en ce qu'on réduit le diamètre du guide en ladite extrémité à une valeur déterminée et en ce qu'on forme en cette extrémité au moins une couche ayant sensiblement la forme d'une calotte sphérique et faite d'un matériau optiquement transparent que l'on choisit
20 dans le groupe comprenant les milieux sols-gels et les matériaux optiques adhésifs et que l'on traite de façon que la lentille finalement obtenue présente un gradient d'indice de réfraction prédéfini, et en ce qu'on mesure les caractéristiques optiques et géométriques de la
25 lentille obtenue après la formation de chaque couche, en vue d'obtenir une lentille ayant des caractéristiques optiques et géométriques prédéfinies.

 De préférence, on mesure le rayon de courbure et la taille de mode de la lentille obtenue
30 après la formation de chaque couche.

 Selon un premier mode de mise en oeuvre particulier du procédé objet de l'invention, le matériau est un matériau optique adhésif et la couche

est durcie par un rayonnement ultraviolet, au moins l'une des caractéristiques de durée et d'intensité de ce rayonnement étant choisie de manière à obtenir le gradient d'indice déterminé.

5 Selon un deuxième mode de mise en oeuvre particulier, on forme un empilement de couches à l'extrémité du guide, chaque couche étant faite d'un matériau optique adhésif ayant une viscosité et un indice de réfraction prédéfinis, et l'on durcit chaque
10 couche de matériau par un rayonnement ultraviolet après la formation de cette couche.

 Selon un troisième mode de mise en oeuvre particulier, on forme un empilement de couches à l'extrémité du guide, chaque couche étant faite d'un
15 milieu sol-gel, et l'on réalise une photolyse de chaque couche, après la formation de celle-ci, cette photolyse étant induite par un rayonnement ultraviolet profond.

 Selon un quatrième mode de mise en oeuvre particulier, on forme un empilement de couches à l'extrémité du guide, chaque couche étant faite d'un
20 milieu sol-gel, et l'on traite chaque couche par plasma après la formation de cette couche.

 Selon un cinquième mode de mise en oeuvre particulier, on forme un empilement de couches à l'extrémité du guide, chaque couche étant faite d'un
25 milieu sol-gel, et l'on réalise une pyrolyse par exemple optique de chaque couche, après la formation de celle-ci.

 Dans le cas de la pyrolyse optique, celle-ci est par exemple obtenue au moyen d'un rayonnement
30 infrarouge.

 Dans le cas des troisième, quatrième et cinquième modes de réalisation particuliers, les

couches peuvent être faites de milieux sols-gels différents les uns des autres ou peuvent être faites du même milieu sol-gel et exposées à des rayonnements qui sont différents les uns des autres, pendant des temps également différents les uns des autres.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre schématiquement un exemple de fabrication d'une lentille en l'extrémité d'une fibre optique, conformément à l'invention, à partir d'une couche d'un matériau optique adhésif durcissable,
- les figures 2, 3 et 4 illustrent schématiquement diverse étapes d'autres exemples de fabrication d'une lentille en l'extrémité d'une fibre optique conformément à l'invention, à partir d'un empilement de couches, chaque couche étant faite d'une colle ou d'un milieu sol-gel,
- les figures 5A à 5D sont des vues en coupe transversale schématique de guides utilisables dans l'invention, et
- les figures 6A et 6B illustrent schématiquement les trajets de rayons lumineux dans des guides munis de lentilles conformes à l'invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On décrit ci-après un premier exemple de fabrication d'une fibre optique classique dont une extrémité est munie d'une lentille à gradient d'indice de réfraction conformément à l'invention.

Dans ce premier exemple, la lentille comprend une seule couche qui a la forme d'une calotte sphérique et qui est faite d'un matériau optique (fluide) adhésif comme par exemple une colle optique polymérisable.

On commence par réduire le diamètre de la fibre optique à la température ambiante (environ 20°C) après avoir dégainé son extrémité puis clivé celle-ci perpendiculairement à son axe.

Cette réduction de diamètre est obtenue par trempage de l'extrémité dégainée dans une solution 1:1 (en volume) d'acide fluorhydrique HF et de fluorure d'ammonium NH_4F pendant 65 minutes.

La vitesse d'attaque vaut environ 1 μm par minute.

On trempe ensuite l'extrémité de diamètre réduit dans un récipient contenant un matériau optique (fluide) adhésif.

On retire cette extrémité du récipient et l'on obtient une goutte de ce matériau adhésif en forme de calotte sphérique en cette extrémité.

Précisons que l'on choisit un matériau optique adhésif de viscosité déterminée, cette viscosité déterminant la forme de la goutte.

A titre purement indicatif et nullement limitatif, on utilise la colle optique commercialisée

par la société Elco Produits sous la référence VITRALIT 4280.

On solidifie ensuite cette goutte de colle optique en la polymérisant au moyen d'un rayonnement
5 ultraviolet.

Pour ce faire, on peut par exemple utiliser une lampe à éclairs UV VIS IR du genre de celle qui est décrite dans le document suivant :

10 Demande de brevet français n°9103964 du 2 avril 1991, « Procédé de traitement photochimique d'un matériau utilisant une source de lumière à tubes à éclairs », invention de Jean Flicstein, Yves Nissim, Christian Licoppe et Yves Vitel.

15 Toute autre lampe VUV, équivalente à celle-ci du point de vue de la longueur d'onde et de la puissance, est également utilisable.

Précisons que, pendant l'irradiation, on
20 fait varier l'intensité du rayonnement ultraviolet en fonction du temps suivant un schéma prédéfini par simulation tridimensionnelle, de manière à faire varier l'indice de réfraction de la calotte sphérique depuis la surface de ladite calotte sphérique vers le centre
25 de celle-ci ou depuis le centre de la calotte vers la surface sphérique de celle-ci.

A la fin de l'irradiation, on obtient ainsi, à l'extrémité de la fibre, une lentille souple ayant le gradient d'indice souhaité.

30 Si ce n'est pas le gradient d'indice souhaité, il suffit d'enlever la colle et de reformer une autre goutte de colle à l'extrémité de la fibre (jusqu'à l'obtention des caractéristiques souhaitées).

Ce premier exemple est schématiquement illustré par la figure 1 où l'on voit :

- la fibre 2 (diamètre par exemple égal à 125 μm),
- la gaine protectrice 4 de cette fibre (diamètre de
5 gaine protectrice par exemple égal à 250 μm),
- l'extrémité 6 de la fibre, qui a été dégainée puis
clivée perpendiculairement à son axe X et dont le
diamètre a été réduit (par exemple jusqu'à 60 μm),
- la goutte de colle 8 formant une calotte sphérique
10 (par exemple une demi-sphère de diamètre égal à
60 μm) schématisée, et
- le rayonnement ultraviolet 10.

On décrit ci-après un deuxième exemple de fabrication d'une fibre optique dont une extrémité est
15 munie d'une lentille à gradient d'indice de réfraction conformément à l'invention.

Dans ce deuxième exemple, la lentille est constituée par un empilement de couches formant des calottes sphériques, chaque couche étant faite d'une
20 colle optique polymérisable ayant une viscosité et un indice de réfraction choisis de manière à obtenir, après polymérisation, une couche "souple-dure" ayant des caractéristiques optiques et géométriques prédéfinies par simulation tridimensionnelle.

25 On commence par dégainer et cliver l'extrémité de la fibre puis on réduit le diamètre de celle-ci à température ambiante, exactement comme on l'a fait dans le premier exemple.

On trempe ensuite l'extrémité de la fibre
30 dans un récipient contenant une première colle optique polymérisable ayant une viscosité et un indice de réfraction choisis puis on retire l'extrémité du récipient.

On forme ainsi une première couche de colle en forme de calotte sphérique à l'extrémité de la fibre.

5 Ensuite on polymérise cette couche par un rayonnement ultraviolet au moyen de la lampe mentionnée dans le premier exemple, d'où une couche solidifiée en forme de calotte sphérique ayant un indice de réfraction n_1 .

10 On trempe ensuite l'extrémité, munie de la première couche solidifiée, dans un autre récipient contenant une deuxième colle optique polymérisable ayant une viscosité et un indice de réfraction choisis puis on retire l'extrémité de cet autre récipient.

15 On forme ainsi, à l'extrémité de la fibre, une deuxième couche mince de colle en forme de calotte sphérique, qui se superpose à la première couche déjà polymérisée.

20 A son tour, la deuxième couche est solidifiée par polymérisation au moyen du rayonnement ultraviolet.

On obtient ainsi une deuxième couche solide, mince comme une pelure d'oignon et ayant un indice de réfraction $n_2 \neq n_1$.

25 Si nécessaire, on recommence les opérations de trempage et de polymérisation avec une troisième colle d'indice optique n_3 , une quatrième colle etc., jusqu'à l'obtention du rayon de courbure et de la taille de mode souhaités pour la lentille.

30 L'évolution du rayon de courbure de la lentille en cours de formation est contrôlable au moyen d'une caméra CCD.

A ce sujet, on peut consulter les documents suivants :

Demande de brevet français n°9404369 du 13 avril 1994, FR-A-2699292 et FR-A-2699293 (Inventions de Jack Semo et Ndiata Kalonji).

5

L'évolution de la taille du mode de la lentille en cours de formation est contrôlable, en champ proche, grâce à un spectro-microscope optique à balayage en champ proche.

10 A ce sujet, on peut consulter le document suivant :

FR-A-2685127 (Invention de Christian Licoppe et Marcel Bensoussan).

15

On peut également faire l'empilement selon les matériaux optiques adhésifs employés, s'il y a bonne adhérence et non miscibilité entre couches, contrôler l'ensemble et polymériser l'ensemble.

20 Si l'empilement obtenu ne convient pas, on nettoie et on recommence.

Après ces mises au point, accompagnées par la simulation, la manipulation peut être automatisée.

25 Ce deuxième exemple est schématiquement illustré par les figures 2, 3 et 4 où l'on suppose que l'on utilise trois couches de colle et où l'on voit :

- la fibre 2 (figures 2 à 4),
- la gaine protectrice 4 de la fibre,
- l'extrémité dégainée, clivée perpendiculairement à son axe X et de diamètre réduit 6,
- 30 - la première couche de colle 12 (goutte), par exemple en forme de demi-sphère, irradiée par un rayonnement ultraviolet 14,

- la deuxième couche de colle 16 mince (pellicule) irradiée par le rayonnement ultraviolet (figure 3), et
- la troisième couche de colle 20 mince (pellicule) irradiée par le rayonnement ultraviolet (figure 4).

Le troisième exemple est relatif à l'obtention, à l'extrémité de la fibre qui a été dégainée, clivée perpendiculairement à son axe et amincie, d'une lentille constituée de couches empilées, chaque couche étant obtenue à partir d'un milieu sol-gel photolysable, dont la photolyse est induite par un rayonnement ultraviolet profond.

Pour cette photolyse, on utilise par exemple la lampe très puissante à éclairs décrite plus haut, qui émet des photons dans un spectre étendu de 160 nm à 5000 nm dans le domaine ultraviolet profond.

Comme dans le deuxième exemple,

- on réalise au préalable une simulation tridimensionnelle permettant de prédéfinir les caractéristiques optiques et géométriques et notamment l'indice optique de chaque couche, et
- en cours de fabrication de la lentille, on contrôle l'évolution du rayon de courbure de la lentille et l'évolution de la taille du mode de cette lentille comme on l'a vu plus haut.

Au sujet des milieux sols-gels, on peut consulter le document suivant :

Brinker C. Jeffrey and Scherer Georges W., Sol-gel Science, the physics and chemistry of sol-gel processing, Academic press, San Diego, 1990.

La photolyse d'un milieu sol-gel par un rayonnement ultraviolet profond du sol et du solvant de dispersion (le précurseur sous la forme d'une solution colloïdale) forme in situ une lentille constituée d'un
5 matériau souple (un gel), en renfermant de façon contrôlée, dans les pores de taille nanométrique, une partie du solvant de dispersion initial, avec ou sans additif de dopage.

Ainsi l'indice de réfraction final
10 intégrera les proportions sol/gel/solvant prédéfinies par simulation.

Donc, pour leurs contributions respectives, sont prises en compte la quantité et la nature du squelette du solide (sans compter la masse du liquide),
15 le solvant résiduel et l'additif de dopage.

Au fur et à mesure de l'irradiation par le rayonnement ultraviolet profond, il se produit une densification sans contrainte mécanique, accompagnée d'une diminution de la concentration des hydroxyls et
20 des groupements organiques sur la phase solide et dans les pores de la phase solide.

Pour le même précurseur, une lentille souple est reproductible.

Considérons maintenant le troisième exemple
25 proprement dit.

Exactement comme dans les exemples précédents, on commence par dégainer une extrémité de la fibre, cliver celle-ci perpendiculairement à son axe puis réduire le diamètre de cette extrémité.

30 Ensuite, on trempe cette extrémité dans un récipient contenant un premier milieu sol-gel connu, par exemple l'éthoxyméthylpolysiloxane contenant un solvant dispersant constitué par un mélange de méthanol

(CH_3OH), d'éthanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), de 2-éthoxyéthanol ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$) et de formamide (CH_3ON).

On retire ensuite l'extrémité du récipient.

On obtient ainsi une première couche (par
5 exemple en forme de demi-sphère) que l'on photolyse par irradiation VUV au moyen de la lampe mentionnée plus haut, d'où une couche ayant un indice de réfraction N_1 .

On trempe ensuite l'extrémité de la fibre,
munie de la première couche solide en forme de calotte
10 sphérique précédemment obtenue, dans un autre récipient contenant un deuxième milieu sol-gel différent du premier milieu sol-gel, par exemple l'éthoxyéthylpolysiloxane contenant le même solvant dispersant que dans le premier milieu sol-gel.

15 On retire ensuite l'extrémité de cet autre récipient.

On obtient ainsi une deuxième couche formant une pellicule que l'on photolyse par irradiation VUV.

20 On obtient ainsi une deuxième couche solide qui est mince et qui enveloppe la première couche comme le ferait une pelure d'oignon.

Cette couche a un indice de réfraction $N_2 \neq N_1$.

25 En variante, on utilise le premier milieu sol-gel à la place du deuxième milieu sol-gel et l'on change la durée et le rayonnement de photolyse.

Si nécessaire, on réalise un trempage dans un troisième milieu sol-gel suivi d'une photolyse par
30 irradiation VUV (ou un trempage dans le premier milieu sol-gel suivi d'une photolyse de durée différente avec un rayonnement différent) etc., jusqu'à l'obtention du

rayon de courbure et de la taille de mode souhaités pour la lentille.

Le troisième exemple est également illustré par les figures 2, 3 et 4 où les première, deuxième et
5 troisième couches de milieux sols-gels ont respectivement les références 12a, 16a et 20a.

On note que la troisième couche enveloppe aussi la deuxième comme le ferait une pelure d'oignon.

Au lieu d'une photolyse par un rayonnement
10 ultraviolet profond, on peut utiliser un traitement par plasma pour chaque couche.

Au lieu d'une photolyse par un rayonnement ultraviolet profond, on peut aussi utiliser une
pyrolyse optique rapide pour obtenir chaque couche de
15 la lentille à partir du milieu sol-gel correspondant.

Il s'agit d'un processus optique différent qui est activé thermiquement.

On utilise par exemple des photons infrarouges de longueur d'onde inférieure à 5 μm qui
20 vont favoriser un dépôt in situ par pyrolyse optique des colloïdes.

Au départ le gel emprisonne une partie du solvant.

Par chauffage optique à une température de
25 l'ordre de 400°C à 300°C, la couche est densifiée.

On obtient une couche poreuse dont l'indice de réfraction est inférieur à celui de la couche obtenue par photolyse par un rayonnement ultraviolet profond.

30 Pour la densification de la couche, on pourrait utiliser au lieu d'une pyrolyse optique, un chauffage par ultrasons ou par micro-ondes.

La présente invention constitue une filière technologique bon marché pour obtenir des fibres munies de lentilles souples, notamment pour l'optique intégrée.

5 Les caractéristiques optiques et géométriques de ces lentilles sont adaptables à l'utilisation envisagée pour les lentilles.

Elles peuvent être simulées avant la fabrication des lentilles.

10 Elles peuvent être mesurées en cours de fabrication des lentilles.

Elles sont reproductibles.

Les lentilles ont un bas prix de revient car des matrices comprenant des milliers de fibres
15 peuvent être traitées simultanément.

Grâce à la présente invention, une fibre optique, dont une extrémité est munie d'une lentille et qui est optiquement couplée à un composant optique, permet à tout le flux lumineux sortant de la fibre de
20 passer dans le composant, ce qui n'est pas le cas lorsqu'on utilise simplement une fibre optique clivée.

Le procédé objet de l'invention est adaptable à un guide optique actif ou passif, dont la
25 section transversale peut être quelconque par exemple polygonale à N côtés (N nombre entier au moins égal à 3) ou elliptique ou circulaire.

Les figures 5A à 5D illustrent schématiquement des coupes transversales de guides à
30 sections transversales circulaire (figure 5A), carrée (figure 5B), rectangulaire (figure 5C) et elliptique (figure 5D).

De plus, les couches intégrées au guide peuvent être des couches passives ou des couches actives ayant pour fonction d'amplifier la lumière et/ou de changer la longueur d'onde (suivant les fonctions optiques demandées par les utilisateurs).

Dans le cas où l'on utilise des matériaux adhésifs optiques de viscosités choisies, non miscibles, d'indices optiques différents, l'empilement des couches de type pelure d'oignon peut être formé en l'extrémité du guide puis caractérisé optiquement puis durci si ses caractéristiques conviennent.

Si elles ne conviennent pas, on élimine l'empilement avant durcissement et on forme un nouvel empilement et ainsi de suite.

Ce procédé peut être simulé puis automatisé après mise au point.

Dans l'invention, la lentille peut avoir une taille micrométrique et des propriétés spécifiques prédéterminées par simulation et alliant dans l'ordre et avec l'intensité voulus, des convergences et/ou des divergences selon des fonctions optiques prédéterminées.

Ceci est schématiquement illustré par les figures 6A et 6B.

La figure 6A montre le trajet approximatif d'un rayon lumineux référencé a qui traverse le guide puis une couche d'indice n_1 puis une couche d'indice n_2 puis l'air avec $n_1 < n_2$ et n_2 supérieur à l'indice de l'air n_a .

La figure 6A montre aussi le trajet approximatif d'un rayon lumineux référencé b qui traverse le guide puis une couche d'indice n_1 puis une couche d'indice n_2 puis l'air avec $n_1 > n_2$ et $n_2 > n_a$.

Dans le cas de la figure 6B, un rayon lumineux \underline{c} traverse successivement le guide puis des couches d'indices n_1 , n_2 , n_3 puis l'air avec $n_1 < n_2$, $n_2 > n_3$ et $n_3 > n_a$.

5 L'invention n'est pas limitée à la formation d'une lentille souple à l'extrémité d'une fibre optique.

 On pourrait réaliser une telle lentille à l'extrémité d'un guide actif détecteur de lumière ou
10 amplificateur de lumière.

REVENDEICATIONS

1. Guide optique (2) ayant une extrémité (6) munie d'une lentille souple, caractérisé en ce que cette lentille souple comprend au moins une couche (8-
5 12, 16, 20-12a, 16a, 20a) faite d'un matériau optiquement transparent, choisi dans le groupe comprenant les milieux sols-gels photolysés, les milieux sols-gels traités par plasma, les milieux sols-gels pyrolysés et les matériaux optiques adhésifs
10 durcis, et présente un gradient d'indice de réfraction prédéfini, cette lentille souple ayant des caractéristiques optiques et géométriques prédéfinies.

2. Guide optique selon la revendication 1, dans laquelle la lentille comprend un empilement de
15 couches (12, 16, 20-12a, 16a, 20a) ayant des indices de réfraction différents.

3. Guide optique selon la revendication 2, dans laquelle les indices de réfraction vont en croissant à partir de l'extrémité (6) de la fibre
20 optique.

4. Guide optique selon la revendication 2, dans laquelle les indices de réfraction vont en décroissant à partir de l'extrémité (6) du guide
optique.

5. Procédé de fabrication d'une lentille souple à l'extrémité (6) d'un guide optique (2), ce procédé étant caractérisé en ce qu'on réduit le diamètre du guide en ladite extrémité à une valeur déterminée et en ce qu'on forme en cette extrémité au
25 moins une couche (8-12, 16, 20-12a, 16a, 20a) ayant sensiblement la forme d'une calotte sphérique et faite d'un matériau optiquement transparent que l'on choisit dans le groupe comprenant les milieux sols-gels et les
30

matériaux optiques adhésifs et que l'on traite de façon que la lentille finalement obtenue présente un gradient d'indice de réfraction prédéfini, et en ce qu'on mesure les caractéristiques optiques et géométriques de la
5 lentille obtenue après la formation de chaque couche, en vue d'obtenir une lentille ayant des caractéristiques optiques et géométriques prédéfinies.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel on mesure le rayon de courbure et la taille de
10 mode de la lentille obtenue après la formation de chaque couche.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, dans lequel le matériau est un matériau optique adhésif et la couche (8) est durcie
15 par un rayonnement ultraviolet, au moins l'une des caractéristiques de durée et d'intensité de ce rayonnement étant choisie de manière à obtenir le gradient d'indice déterminé.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel on forme un empilement de couches à l'extrémité
20 du guide, chaque couche (12, 16, 20) étant faite d'un matériau optique adhésif ayant une viscosité et un indice de réfraction prédéfinis, et l'on durcit chaque couche de matériau par un rayonnement ultraviolet après
25 la formation de cette couche.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, dans lequel on forme un empilement de couches à l'extrémité du guide, chaque
couche (12a, 16a, 20a) étant faite d'un milieu sol-gel,
30 et l'on réalise une photolyse de chaque couche, après la formation de celle-ci, cette photolyse étant induite par un rayonnement ultraviolet profond.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, dans lequel on forme un empilement de couches à l'extrémité du guide, chaque couche (12a, 16a, 20a) étant faite d'un milieu sol-gel, et l'on traite chaque couche par plasma après la formation de cette couche.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, dans lequel on forme un empilement de couches à l'extrémité du guide, chaque couche (12a, 16a, 20a) étant faite d'un milieu sol-gel, et l'on réalise une pyrolyse de chaque couche, après la formation de celle-ci.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel les couches (12a, 16a, 20a) sont faites de milieux sols-gels différents les uns des autres.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel les couches (12a, 16a, 20a) sont faites du même milieu sol-gel et sont exposées à des rayonnements qui sont différents les uns des autres, pendant des temps également différents les uns des autres.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 13, dans lequel le guide est un guide actif ou passif dont la section transversale est polygonale ou elliptique ou circulaire.

15. Procédé selon la revendication 5, dans lequel les couches intégrées au guide sont des couches passives ou des couches actives ayant au moins l'une des fonctions d'amplification de lumière et de changement de longueur d'onde.

16. Procédé selon la revendication 5, dans lequel on utilise des matériaux adhésifs optiques de

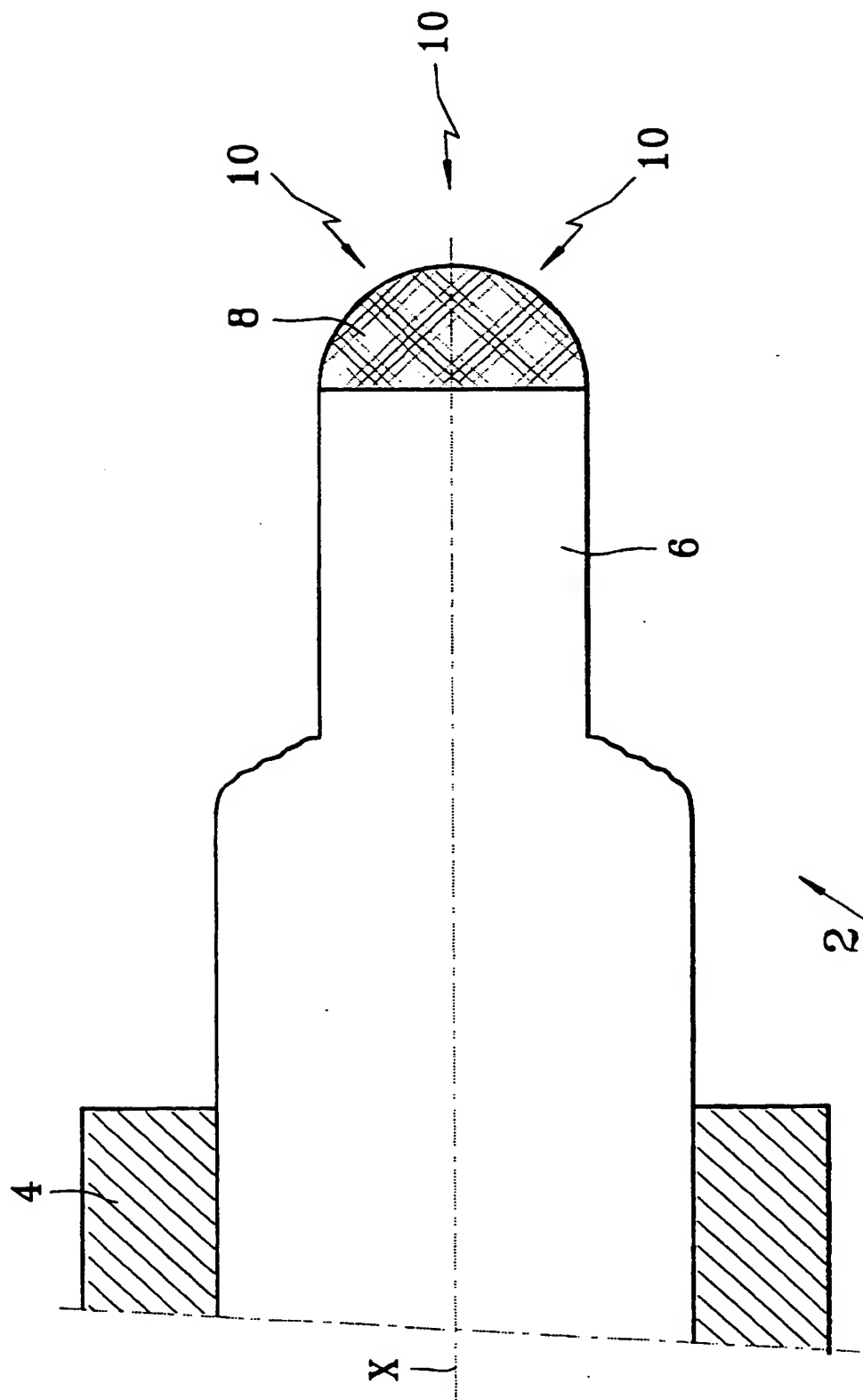
viscosités choisies, non miscibles, d'indices optiques différents, on forme en ladite extrémité un empilement de couches, on caractérise optiquement cet empilement, et si les caractéristiques de celui-ci conviennent on
5 durcit l'empilement sinon on élimine cet empilement avant durcissement.

17. Procédé selon la revendication 5, dans lequel la lentille a une taille micrométrique et des propriétés spécifiques prédéterminées par simulation et
10 alliant, dans l'ordre et avec l'intensité voulus, des convergences ou des divergences ou à la fois des convergences et des divergences, selon des fonctions optiques prédéterminées par simulation.

:

1/3

FIG. 1



2/3

FIG. 2

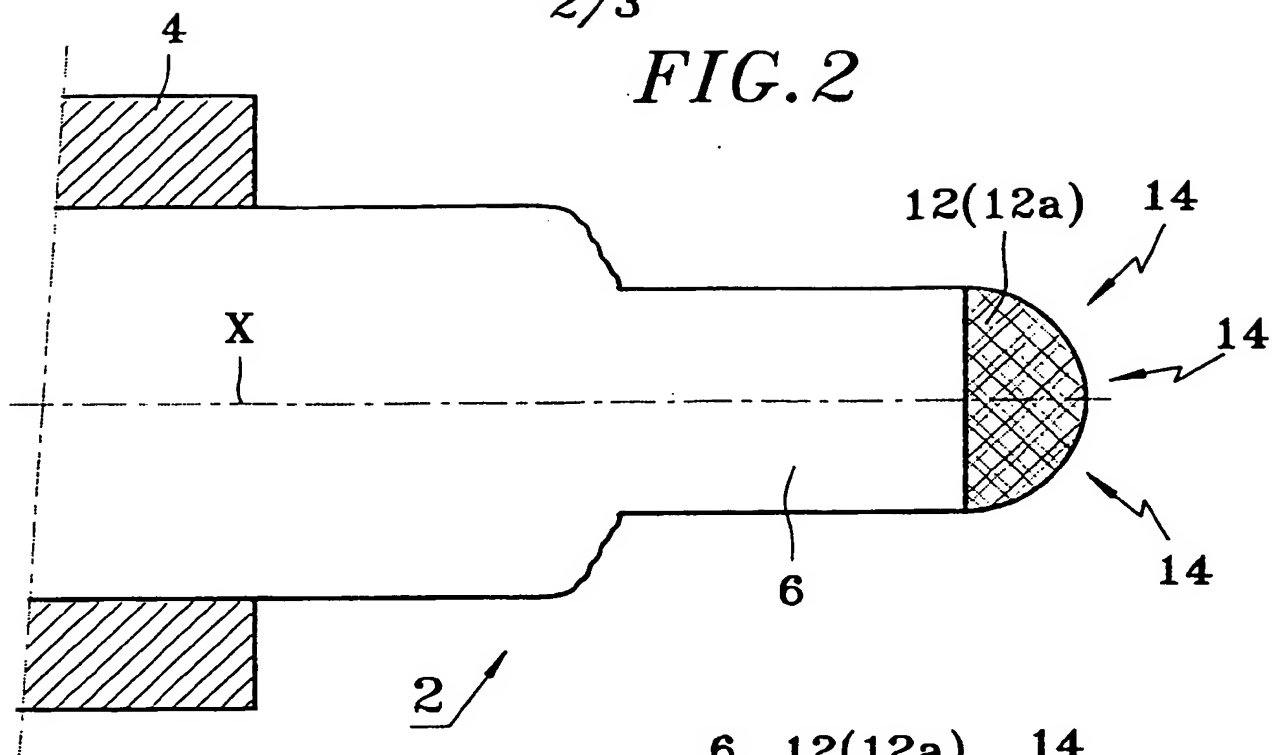


FIG. 3

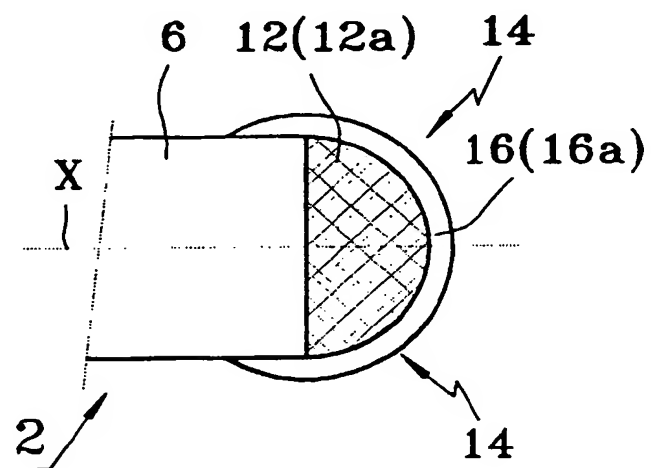
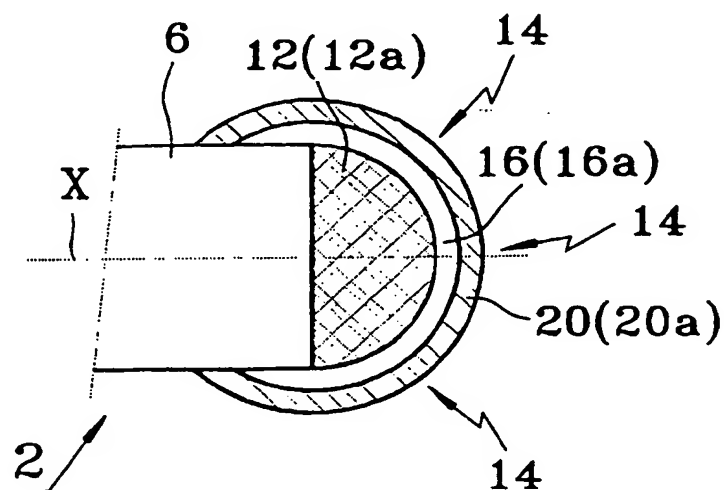
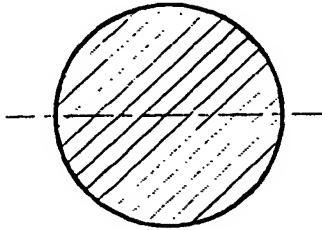
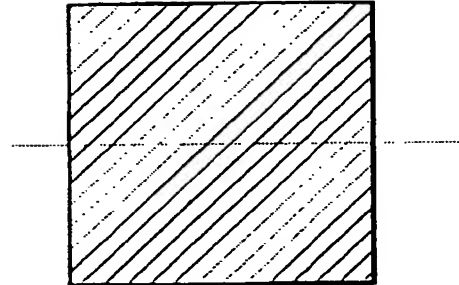
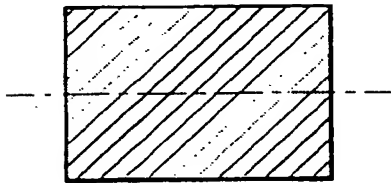
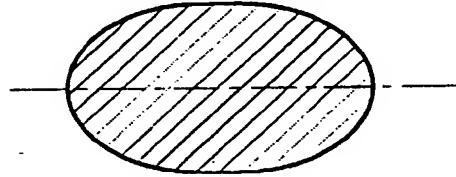
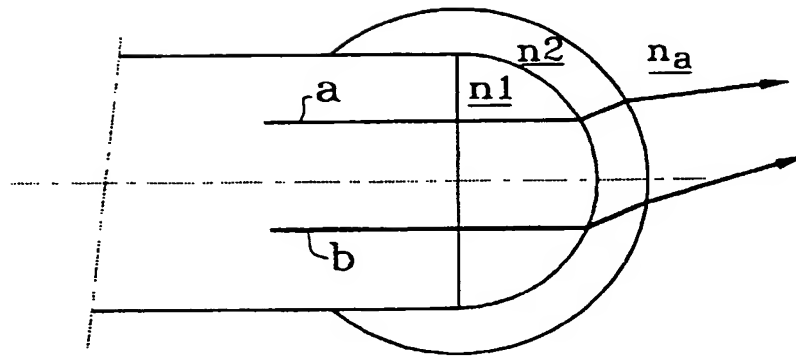
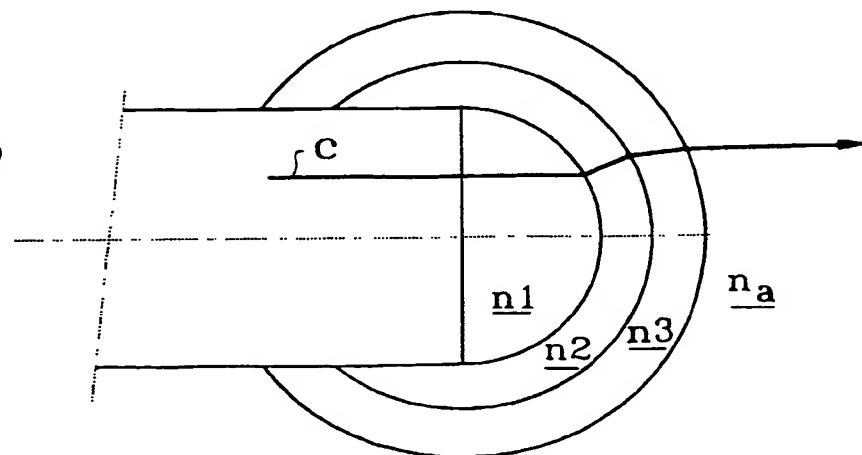


FIG. 4



3/3

FIG. 5A*FIG. 5B**FIG. 5C**FIG. 5D**FIG. 6A**FIG. 6B*

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 541607
FR 9705768

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y A	EP 0 114 439 A (PHILIPS NV) * page 5, ligne 19 - page 6, ligne 21; figure 3 * * page 7, ligne 33 - page 8, ligne 4 * ---	1,2 5,14
Y A	WO 95 23037 A (MICROFAB TECH INC ; HAYES DONALD J (US); COX W ROYALL (US)) * page 6, alinéa 1 * * page 15, alinéa 2 * * page 22, dernier alinéa; figure 15 * ---	1,2 5,9-13
A	EP 0 260 742 A (PHILIPS NV) * colonne 5 - colonne 7; figures 2B,6,7 * ---	1,2,4,5, 7,8,14
A	US 4 193 663 A (TIMMERMANN CHRISTIAN) * colonne 2, ligne 36 - colonne 3, ligne 52; figure * -----	5
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (InCLC)
		G02B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
27 janvier 1998		von Moers, F
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 (02.02) (P04C17)

